

BAB II

STUDI KELAYAKAN AWAL

2.1 Seleksi Proses

2.1.1 Pre-treatment

Perlakuan sebelum ekstraksi merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pengolahan rumput laut menjadi agar-agar. Perlakuan perendaman sebelum ekstraksi adalah proses yang dilakukan untuk mempermudah proses ekstraksi dan agar dapat meningkatkan mutu rendemen produk agar-agar yang di hasilkan. Perlakuan *pre-treatment* dapat menggunakan larutan alkali dan larutan asam (Irawati, 1994). Berikut ini berbagai metode dalam *pre-treatment gracillaria sp.* yaitu sebagai berikut :

1. *Acid Treatment*

Menurut Distantina (2008), secara umum perendaman dengan asam dapat menurunkan kekuatan gel agar dan meningkatkan nilai rendemen agar-agar. Meningkatnya rendemen agar ini disebabkan karena larutan asam dapat menghidrolisis dinding sel rumput laut yang tersusun oleh selulosa. Sehingga, semakin tinggi kadar asam yang digunakan maka semakin banyak dinding sel rumput laut yang terhidrolisis (Rini, 2018).

Menurut Matsuhasi (1977), untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut dapat digunakan metode perendaman rumput laut menggunakan asam, kemudian dinetralkan, setelah itu rumput laut dapat diekstraksi pada kondisi netral. Metode tersebut dapat mengurangi terjadinya proses hidrolisis sehingga rendemen dan kekuatan gel agar-agar dapat meningkat dibandingkan dengan metode ekstraksi menggunakan pelarut asam.

2. *Alkali Treatment*

Sedangkan pada perendaman dengan alkali *treatment* dapat meningkatkan kekuatan gel agar. Hal itu disebabkan karena dalam alkali *treatment* menggunakan NaOH. Natrium Hidroksida (NaOH) merupakan basa kuat yang dapat membersihkan sisa-sisa senyawa sulfat dari garam-garam sulfat. Senyawa sulfat dalam agar merupakan senyawa yang menghambat agar untuk menyatu menjadi

satu kesatuan ikatan sehingga semakin tinggi kandungan sulfatnya, semakin rendah kekuatan gel yang dihasilkan dan begitu pun sebaliknya (Wakhid,2013).

Pernyataan tersebut juga sejalan dengan Reess (1969) dalam Rosulva (2008), bahwa semakin rendah kadar sulfat maka kekuatan gel akan semakin tinggi. Armisen (1995); Phillips & William (2000) dalam Indriawati (2007) menyatakan bahwa pada proses alkali treatment dapat mengurangi kadar sulfat, karena sulfat pada rumput laut penghasil agar terakumulasi pada dinding sel dan terikat bersama-sama pada dengan agar. Berikut merupakan perbandingan dan perbedaan proses *pre-treatment* rumput laut yang dapat dilihat pada tabel 2.1 dan tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Perbandingan Proses *Pre-Treatment* Rumput Laut

Kriteria	<i>Acid Treatment</i>	<i>Alkali Treatment</i>
Proses	Perendaman rumput laut menggunakan larutan asam	Perendaman rumput laut menggunakan larutan basa
Kondisi Operasi	85 – 90°C	85 – 90°C
Bahan Pendukung	Asam Asetat (CH ₃ COOH)	Natrium Hidroksida (NaOH)
Waktu Operasi	2 jam	1,5 – 2 jam

Tabel 2. 2 Perbedaan Proses *Pre-Treatment* Rumput Laut

Sifat	<i>Acid Treatment</i>	<i>Alkali Treatment</i>
Kekuatan Gel (g/cm ²)	41,70 ± 7,03	61,59 ± 10,34
Kadar Sulfat (%)	2,12 ± 0,07	1,75 ± 0,07
Kadar Abu (%)	7,15 ± 0,05	7,08 ± 0,05
3,6 Anhydrogalactose (%)	26,2 ± 2,3	39,5 ± 1,6

(Sumber: Wakhid, 2013; G. Haiyan dkk, 2007).

Berdasarkan Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 maka dipilih proses yang lebih sesuai dan efisien yaitu proses alkali *treatment*. Pemilihan proses tersebut berdasarkan “*scoring concept*” (metode pemberian skor) pada beberapa kriteria, yaitu dengan mengevaluasi skor setiap kriteria berdasarkan persentase kriteria yang dipilih, sehingga didapatkan nilai skor yang lebih menguntungkan. Persentase kriteria ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan yang paling prioritas atau yang menunjukkan pengaruh besar terhadap hasil produksi yang didapat. Adapun kriteria-kriteria tersebut antara lain :

- Kondisi Operasi

Parameter ini menunjukkan pengaruh suhu dalam berbagai proses *pre-treatment* yang dapat mempengaruhi hasil produk yang dihasilkan.

- Hasil Proses Produksi

Parameter ini menunjukkan nilai persentase nilai *gel strength*, kadar abu, kadar sulfat, dan nilai 3,6-Anhydrogalactose yang dihasilkan.

- Kemurnian

Parameter ini menentukan kemurnian produk akhir yang dihasilkan oleh masing – masing metode. Tingkat kemurnian yang lebih tinggi menunjukkan jumlah zat pengotor yang ada dalam produk dan menunjukkan kualitas yang lebih tinggi.

- Konsumsi Energi

Parameter ini menunjukkan berapa banyak energi terutama kebutuhan listrik yang dibutuhkan selama proses produksi dengan berbagai metode *pre-treatment*.

- Toksisitas/Dampak Terhadap Lingkungan

Parameter ini menunjukkan tingkat bahaya penggunaan bahan *pre-treatment* berdasarkan MSDS terhadap pekerja dan lingkungan.

Adapun kriteria dan persentase masing-masing “*concept scoring*” dapat dihitung berdasarkan kriteria penilaian sebagai berikut : 1. Sangat buruk, 2. Buruk, 3. Cukup, 4. Baik, dan 5. Sangat baik.

Tabel 2. 3 Penilaian Skor Proses *Pre-Treatment*

No.	Kriteria	Persentase	Non Alkali		Alkali <i>Treatment</i>	
			Nilai	Skor	Nilai	Skor
1	Kondisi Operasi	20%	4	0,80	4	0,80
2	Hasil Proses Produksi	25%	3	0,75	5	1,25
3	Kemurnian	20%	3	0,60	5	1,00
4	Konsumsi Energi	20%	4	0,80	4	0,80
5	Toksisitas/ Dampak Terhadap Lingkungan	15%	4	0,60	3	0,45
Total		100%	3,55		4,30	
Peringkat			3		4	

(Sumber : Ahmad Nizar, 2019; Wakhid 2013)

2.1.2 Ekstraksi

1. Ekstraksi dengan Pelarut Asam

Proses ekstraksi rumput laut merupakan proses perpindahan massa dari fase padat ke fase cair, sehingga terjadi perpindahan massa *solute* dari dalam padatan ke cairan melalui dua tahapan pokok, yaitu difusi dari dalam padatan ke permukaan padatan dan perpindahan massa dari permukaan padatan ke cairan (Treybal, 1981). Metode ekstraksi dengan pelarut asam ini banyak digunakan pada industri produksi agar-agar di Indonesia yaitu dengan ekstraksi pada suhu tinggi (Anggadiredja dkk, 2002). Larutan asam yang digunakan dapat berupa asam sulfat, asam asetat, dan asam sitrat (Winarno, 1990). Dimana pada produksi industri agar-agar di Indonesia biasanya menggunakan asam asetat. Ekstraksi menggunakan asam asetat berfungsi untuk menarik agar keluar dari dinding sel (Wakhid, 2013). Namun, proses ekstraksi menggunakan pelarut asam dapat membuat terjadinya penurunan sifat gel agar-agar yang disebabkan meningkatnya rendemen agar-agar. Hal itu dikarenakan agar-agar merupakan polisakarida yang sangat mudah terhidrolisis menjadi monosakarida dalam suasana asam, karena larutan asam bersifat katalisator (Matsuhasi, 1977).

1. *Enzyme-Assisted Extraction (EAE)*

Dinding sel rumput laut terdiri atas campuran kimia dari polisakarida bersulfat dan bercabang yang berasosiasi dengan protein dan berbagai ion, seperti kalsium dan magnesium. Dimana campuran tersebut dapat membuat proses ekstraksi dengan cara komersial tidak berjalan secara maksimal, sehingga campuran dari dinding sel yang kompleks tersebut harus dihilangkan untuk mendapatkan agar dengan hasil yang ideal. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode *Enzyme-Assisted Extraction (EAE)* (Polne Fuller dkk, 1987). Metode EAE adalah metode dengan memanfaatkan enzim seperti protease dan karbohidrat untuk melepaskan senyawa aktif dari dinding sel rumput laut (Grosso C dkk, 2015).

2. *Microwave-Assisted Extraction (MAE)*

Ekstraksi dengan bantuan gelombang mikro (MAE) atau hanya ekstraksi gelombang mikro adalah salah satu ekstraksi paling populer dan hemat biaya yang tersedia saat ini. Ada dua tipe utama MAE, diklasifikasikan sebagai terbuka dan sistem kapal tertutup. Sistem bejana tertutup digunakan untuk ekstraksi senyawa

yang ditargetkan pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi tetapi memiliki potensi risiko ledakan. Maka dikembangkanlah MAE dengan sistem kapal terbuka. Sistem bejana ini digunakan untuk ekstraksi yang dilakukan di bawah kondisi tekanan atmosfer. Ada beberapa faktor yang dianggap penting saat menggunakan MAE karena dapat mempengaruhi efisiensi secara keseluruhan. Faktor-faktor tersebut meliputi daya dan frekuensi *microwave*, waktu ekstraksi, konsentrasi pelarut, karakteristik matriks, rasio zat padat terhadap cairan, tekanan ekstraksi, jumlah siklus ekstraksi, dan yang terpenting sifat pelarut dan suhu (Khalil dkk, 2018).

MAE memiliki sejumlah keunggulan, seperti waktu ekstraksi yang lebih singkat, pelarut yang lebih sedikit, laju ekstraksi yang lebih tinggi dan biaya yang lebih rendah, dibandingkan metode ekstraksi tradisional senyawa dari berbagai matriks, terutama produk alami dan sampel skala besar. MAE menggunakan iradiasi gelombang mikro yang menyebabkan pembentukan panas langsung di dalam matriks melalui gesekan dan tumbukan antar molekul, menghasilkan pemanasan cepat (dalam beberapa detik) dari matriks yang ditargetkan. Sebaliknya, metode ekstraksi tradisional memakan waktu dan energi, karena hanya memanaskan pada permukaan matriks dan pemanasan selanjutnya adalah dengan konduksi dari permukaan ke inti partikel matriks (Khalil dkk, 2018).

Secara tradisional, ekstraksi agar memakan waktu sekitar 2 - 4 jam, tergantung pada spesies yang digunakan. Dengan metode ekstraksi MAE, proses tersebut akan selesai dalam waktu yang sangat singkat karena kemampuannya dalam memanaskan bahan baku secara selektif dan lokal. MAE telah digunakan untuk mengekstrak hidrokoloid rumput laut dan lainnya turunan dari rumput laut merah dan coklat dan hasilnya sangat mengesankan. Kualitas tinggi hidrokoloid rumput laut dengan waktu ekstraksi yang lebih sedikit dan konsumsi pelarut diperoleh melalui metode hijau (*green method*) berkelanjutan ini. Karagenan yang sangat dimurnikan; identik dengan karagenan komersial berhasil diperoleh dari kedua spesies rumput laut merah populer (*E. cottonii* dan *E. spinosum*) dan kurang terkenal (*Hypnea musiformis*). Dipercaya bahwa karagenan sangat kental dan mentransfer panas dengan buruk. Di bawah kehilangan gradien termal produk yang besar dan kemungkinan terjadi konversi sub-optimal. Kenaikan suhu selama ekstraksi, sambil menerapkan tradisional metode menyebabkan kehilangan panas

yang tidak efisien, energi tambahan, pelarut, dan waktu dikonsumsi. Tetapi, dalam kondisi MAE, ekstraksi menjadi efisien dan konsisten dengan pelarut yang lebih sedikit dan konsumsi energi sambil meningkatkan kualitas produk akhir (Khalil dkk, 2018).

Tabel 2. 4 Perbandingan Proses Pembuatan Agar-Agar

Metode Ekstraksi	Kelebihan	Kekurangan
Ekstraksi dengan Pelarut Asam	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bahan mudah didapat ✓ Bahan yang digunakan sedikit 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Proses ekstraksi lambat ✗ Menghasilkan rendemen agar yang tinggi bila konsentrasinya tinggi
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reaksi ekstraksi suhu tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Sifat pembentuk gel agar yang dihasilkan rendah
<i>Enzyme-Assisted Extraction</i> (EAE)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bahan yang digunakan banyak ✓ Bahan pelarut air ✓ Sifat pembentuk gel agar yang dihasilkan tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Bahan sulit didapat ✗ Proses ekstraksi lambat (berlangsung dari jam ke hari) ✗ Reaksi ekstraksi pada suhu tinggi menyebabkan denaturasi enzim ✗ Efisiensi hidrolisis enzimatis sangat rendah jika kadar air bahan sangat rendah

<i>Microwave-Assisted Extraction</i> (MAE)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bahan pelarut organik dan air mudah didapat ✓ Bahan pelarut yang digunakan sedikit ✓ Reaksi ekstraksi pada suhu rendah maupun tinggi ✓ Sifat pembentuk gel agar yang dihasilkan tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Hanya pelarut dengan konstanta dielektrik tinggi dan lebih rendah faktor disipasi dapat digunakan ✗ Biaya modal tinggi ✗ Potensi risiko ledakan terutama saat MAE <i>closed vessel</i>
--	---	--

(Sumber : Abdul Khalil, 2018; Huijing dkk, 2020; Wakhid, 2013)

Berdasarkan Tabel 2.4 dipilih proses yang lebih sesuai dan efisien adalah proses ekstraksi menggunakan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Pemilihan proses tersebut berdasarkan “*scoring concept*” (metode pemberian skor) pada beberapa kriteria, yaitu dengan mengevaluasi skor setiap kriteria berdasarkan persentase kriteria yang dipilih, sehingga didapatkan nilai skor yang lebih menguntungkan. Persentase kriteria ditentukan dengan mempertimbangkan kebutuhan yang paling prioritas atau yang menunjukkan pengaruh besar terhadap hasil produksi yang didapat. Adapun kriteria-kriteria tersebut antara lain :

- **Kondisi Operasi**

Parameter ini menunjukkan pengaruh suhu dalam berbagai proses ekstraksi yang dapat mempengaruhi hasil produk yang dihasilkan.

- **Hasil Proses Produksi**

Parameter ini menunjukkan nilai persentase yield agar-agar yang dihasilkan setelah proses produksi terutama proses ekstraksi. Hasil proses produksi ini mencakup nilai yield, nilai kadar sulfat, nilai kadar 3,6-Anhydrogalactose, dan kekuatan gel yang dihasilkan.

- **Pemeliharaan**

Parameter ini menunjukkan pemeliharaan alat yang dibutuhkan dalam jangka waktu panjang selama proses produksi.

- **Konsumsi Energi**

Parameter ini menunjukkan berapa banyak energi terutama kebutuhan listrik yang dibutuhkan selama proses produksi dengan berbagai metode ekstraksi.

- Dampak Terhadap Lingkungan
Parameter ini menunjukkan tingkat bahaya hasil limbah proses produksi terhadap lingkungan sekitar.

Adapun kriteria dan persentase masing-masing “*concept scoring*” dapat dihitung berdasarkan kriteria penilaian sebagai berikut : 1. Sangat buruk, 2. Buruk, 3. Cukup, 4. Baik, dan 5. Sangat baik.

Tabel 2. 5 Penilaian Skor Proses Ekstraksi

No.	Kriteria	Persentase	Ekstraksi Pelarut Asam		EAE		MAE	
			Nilai	Skor	Nilai	Skor	Nilai	Skor
1	Kondisi Operasi	20%	4	0,80	3	0,60	5	1,00
2	Hasil Proses Produksi	30%	4	1,20	3	0,90	5	1,50
3	Pemeliharaan	15%	3	0,45	3	0,45	4	0,60
4	Konsumsi Energi	20%	4	0,80	2	0,40	4	0,80
5	Dampak Terhadap Lingkungan	15%	3	0,45	4	0,45	4	0,60
Total		100%		3,70		2,80		4,50
Peringkat			4		3		5	

(Sumber: Haiyan dkk, 2007; Huijing dkk, 2020; Sousa, 2010)

2.2 Deskripsi Proses

2.2.1 Tahap *Pre-treatment*

Pada tahap *pre-treatment* dimulai dengan rumput laut dialirkan dari *storage tank* (ST-101) menuju *washing tank* (WT-101) menggunakan *belt conveyor* (J-101) untuk menghilangkan partikel pasir, garam, cangkang, dan benda asing lainnya. Setelah itu dilakukan proses *alkali treatment* dalam reaktor *alkali treatment* (R-101). Rumput laut *gracillaria sp* dipanaskan dengan menggunakan NaOH sebesar 6% pada suhu 90°C selama 80 menit. Setelah proses pemanasan di reaktor, dialirkan menuju *drying conveyor* (B-101) untuk mengurangi kandungan air hasil proses *alkali treatment*. Selanjutnya, diumpankan menuju *washing tank* (WT-102) untuk menghilangkan kandungan NaOH dan Na₂S dari hasil proses dalam reaktor.

2.2.2 Tahap Ekstraksi

Hasil dari proses pencucian diumpankan menuju *microwave assisted*

extraction (EXT-201) menggunakan *belt conveyor* (J-103) untuk dilakukan proses ekstraksi dengan menggunakan pelarut air deionisasi dengan kondisi operasi 90°C dan tekanan 1 atm. Proses ekstraksi dilakukan selama 1 jam. Hasil dari proses ekstraksi dialirkan menuju *filter press* (H-301) untuk memisahkan residu hasil ekstraksi dengan larutan hasil ekstraksi (*filtrate*). Kondisi operasi pada filter press adalah 90°C dan tekanan 1 atm.

2.2.3 Tahap Pemurnian

Filtrate keluaran dari *filter press* (H-301) dialirkan menuju *cooler* (E-201) untuk didinginkan suhunya hingga 30°C. Keluaran dari *cooler* dialirkan menuju *rotary drum vacuum filter* (H-302) untuk membentuk gel agar-agar pada kondisi 30°C dan tekanan 1 atm. Gel agar-agar yang terbentuk kemudian dialirkan menuju *rotary dryer* (B-102) untuk menghilangkan kandungan air. Keluaran dari *rotary dryer* diumpungkan menuju *hammer mill* (C-401) untuk dilakukan proses penghancuran hingga ukuran 80-100 mesh untuk menghasilkan bubuk agar-agar menggunakan *bucket elevator* (J-103). Keluaran dari *hammer mill* dilakukan *screening* (S-101) untuk memisahkan bubuk agar-agar dengan ukuran yang seragam. Hasil keluaran dari *screening*, dialirkan menuju *packaging* (PK-501) untuk pengemasan agar-agar berbentuk *powder*.

2.3 Spesifikasi Bahan dan Produk

2.3.1 Spesifikasi Bahan Baku

1. Rumput Laut *Gracilria sp.*

Tabel 2. 6 Spesifikasi Rumput Laut *Gracilaria Sp.*

No.	Parameter	Nilai
Sifat Fisika		
1.	Permukaan	Halus atau berbintil
2.	Bentuk <i>thallus</i>	Tipis dan berbentuk silindris
3.	Ukuran diameter <i>thallus</i>	0,5 – 2,00 mm
4.	Warna	Hijau atau Hijau – Kuning
5.	Harga	Rp. 7.000,-/Kg
Sifat Kimia		
1.	Temperatur gel	30 ⁰ – 40 ⁰ C

2.	Titik leleh gel	85°C
3.	Kelembaban	20%
4.	Abu	6,5%
5.	Abu, tidak larut asam	0,5%
6.	Bahan organik asing	1,0%
7.	Bahan tak larut asing	1,05%
8.	Pati	0
9.	Gelatin	0
10.	Penyerapan air	Min. 5 kali beratnya
12.	Arsenik	Max. 3 ppm
12.	Timbal	Max. 10 ppm
13.	Logam berat lainnya	Max. 40 ppm

(Selby dan Whistler, 1993)

2. Natrium Hidroksida (NaOH)

Tabel 2. 7 Spesifikasi Natrium Hidroksida

No.	Parameter	Nilai
Sifat Fisika		
1.	Berat molekul	39,9971 g/mol
2.	Titik didih	1390 °C (pada 101,3 kPa)
3.	Titik lebur	318 °C (pada 101,3kPa)
4.	Densitas (25 oc)	2,1 gr/cm ³ , padat
5.	Kelarutan	111 gr/100 ml (20 °C)
6.	Kebasaan pkb	- 2,43
7.	Penampilan	zat padat putih
Sifat Kimia		
1.	Mudah larut dalam air dan etanol	-
2.	Cepat menyerap karbondioksida jika berkontak dengan udara dan lembab	-
3.	Membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air	-

4.	Sangat mudah terionisasi membentuk ion natrium dan hidroksida	-
----	---	---

(Engineering Toolbox)

2.3.2 Spesifikasi Produk

1. Agar-agar Tepung/Powder

Tabel 2. 8 Spesifikasi Agar-Agar

Parameter Uji	Satuan	Persyaratan
Kimia		
- Kadar air	%	5%
- Kadar abu	%	16%
- Pati		
Fisika		
- Kehalusan (lolos saringan 60 mesh)	%	Min. 80

(Badan Standar Nasional, 2015)

